Münster 1935 No 37 Phil DiSS

Chemie.

Beziehungen zwischen der Wasserstoffionenkonzentration des Bodens und der Zusammensetzung von Pflanzenaschen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde
der Philosophischen und Naturwissenschaftlichen
Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität
zu Münster (Westf.)

vorgelegt von

Heinrich Ontrup
aus Sandrup (Krs. Münster).

Dissertations-Druckerei Heinr. & J. Lechte // Emsdetten (Westf.)

1935

Chemie.

Beziehungen zwischen der Wasserstoffionenkonzentration des Bodens und der Zusammensetzung von Pflanzenaschen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde
der Philosophischen und Naturwissenschaftlichen
Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität
zu Münster (Westf.)

vorgelegt von

Heinrich Ontrup
aus Sandrup (Krs. Münster).

Dissertations-Druckerei Heinr. & J. Lechte // Emsdetten (Westf.)

1935

Tag der mündlichen Prüfung: 31. Juli 1933.

Dekan: Prof. Dr. Eitel.
Referent: Prof. Dr. Bömer.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Inhaltsangabe.

Seite:

Einleitung 1

Eigene Untersuchungen 3

I. Reaktionsmessungen im Feldversuch 3

II. Messungen der Reaktionsänderung während einer Vegetationsperiode (Gefäßversuche). 4

III. Untersuchungen von Pflanzenaschen 7

a) Wicken 7

b) Serradella 9

c) Gerste 11

d) Kartoffeln 13

e) Mais (Gefäßversuch) 16

IV. Schlußfolgerungen aus den Untersuchungsergebnissen. .

Zusammenfassung 18

Literaturangabe 25

Tabellen 27

— — — —

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547203_0108

Einleitung.

Seitdem Kappen (15—17) und Arrhenius (1) das Wesen der Bodenacidität geklärt haben, sind viele Untersuchungen über ihre Wirkung auf das Pflanzenleben angestellt worden. Die Mineralstoffe der Pflanzen aber sind hierbei verhältnismäßig wenig berücksichtigt worden. Vollständige Aschenanalysen unter Berücksichtigung der Bodenreaktion sind m. W. noch nicht gemacht worden. Fast immer wurden nur die eigentlichen Pflanzennährstoffe: Kali, Phosphorsäure und Kalk bestimmt und diese auf Prozente der Trockensubstanz umgerechnet. Einige Angaben hierüber aus der Literatur mögen folgen:

Virtanen (26) untersuchte die Entwickelung einiger Leguminosen in Abhängigkeit von der Bodenreaktion. Bei der Erbse tritt bei steigender Bodenacidität eine starke Abnahme der Kali- und Phosphorsäureaufnahme ein. In etwas geringerem Maße läßt sich diese Erscheinung auch beim Klee beobachten.

Umgekehrt fanden Nemec und Graçanin (24) bei zunehmender Bodensäure eine stärkere Phosphorsäureaufnahme bei Anwendung verschiedener Phosphorsäuredünger. Welche Pflanzen benutzt wurden, ist allerdings nicht angegeben.

Bryan (4) stellte bei Luzerne, Bastard- und Rotklee übereinstimmend mit Virtanen bei zunehmender Acidität des Bodens ein Sinken der Kalkaufnahme fest. Derselbe Forscher fand (5), daß beim Hafer, nicht aber beim Weizen, eine Abnahme der Wasserstoffionenkonzentration auch eine Abnahme des Kalkgehaltes zur Folge hat. Seine Ergebnisse (S. 487) lauten:

	Hafer	Weizen
p_H 5	0,57 % CaO	0,51 % CaO
6,9	0,52 % „	0,52 % „
8,8	0,40 % „	0,51 % „

Hjorth-Hansen (14) untersuchte ebenfalls Hafer, der bei verschiedener Bodenreaktion gewachsen war. Er fand (S. 365):

p_H	Asche	SiO_2	P_2O_5	CaO	MgO	K_2O
5,6	5,87	1,65	0,54	0,583	0,24	2,672
7,1	5,53	1,42	0,685	0,775	0,248	1,856“

In Aschenprozente umgerechnet, ergibt dieses folgende Werte:

p_H	SiO_2	P_2O_5	CaO	MgO	K_2O
5,6	28,4	9,24	9,98	4,10	45,9
7,1	25,7	12,40	14,00	4,66	33,6

Die hier mitgeteilten Ergebnisse widersprechen sich. Während nach Bryan der Kalkgehalt des Hafers mit steigendem p_H-Wert des Bodens fällt, nimmt er nach Hjorth-Hansen stark zu. Dasselbe stellen auch Domontowitsch und Abolina (8). nur in etwas geringerem Maße, fest.

Weiterhin sind noch die Arbeiten von Nehring (23) erwähnenswert. Bezüglich der Kalkaufnahme findet er einen ausgeprägten Unterschied zwischen säureempfindlichen und säureunempfindlichen Pflanzen. Er stellt fest (S. 334), daß der Kalkgehalt säureunempfindlicher Pflanzen bei einer Verschiebung der Bodenreaktion von der sauren zur neutralen Seite hin beträchtlich erhöht wird, was bei säureempfindlichen Pflanzen nicht der Fall ist. Nehrings Ergebnisse über die Phosphorsäure- und Kaliaufnahme sind nicht eindeutig.

Im allgemeinen wurden bei den Untersuchungen, die bisher angestellt wurden, nur wenige Aschenbestandteile berücksichtigt. Es bedarf also noch vieler Arbeit, das vorliegende Gebiet zu klären. Die folgende Arbeit soll einen Beitrag zu dem Kapitel: „Wasserstoffionenkonzentration des Bodens und Zusammensetzung von Pflanzenaschen" liefern. Es sollen, m. W. zum ersten Male, nicht nur die Hauptnährstoffe, sondern alle in größerer Menge vorkommenden Aschenbestandteile und ihre infolge verschiedener Bodenreaktion etwa wechselnden Mengenverhältnisse bestimmt werden.

Eigene Untersuchungen.

I. Reaktionsmessungen im Feldversuche.

a) Allgemeine Vorbemerkungen. Als Versuchsflächen standen mir auf dem Versuchsgute Sprakel der Landesbauernschaft Westfalen 13 je 5 qm große Parzellen zur Verfügung. Der Boden ist Sandboden. Zur Untersuchung wurden jedoch nur 8 Parzellen herangezogen, nämlich die Parzellen 1, 2, 3 und 6, sowie 7, 8, 9 und 12. Die Parzellen 1—6 wurden vor einigen Jahren mit verdünnter Schwefelsäure angesäuert. Analytisch war diese Schwefelsäuremenge jedoch nicht mehr nachweisbar; denn der Gehalt an Schwefelsäure war in allen Parzellen ungefähr gleich und betrug 0,03 bis 0,04 % SO_3.

Parzelle 1 und 7 blieben stets ungedüngt. Die anderen Parzellen wurden immer mit demselben Dünger gedüngt, welcher einer Gabe von 60 kg Stickstoff, 60 kg Phosphorsäure und 120 kg Kali je Hektar entsprach.

Es wurden gedüngt:

Parzelle 1 und 7: ungedüngt
„ 2 „ 8: mit Superphosphat + schwefelsaurem Ammoniak + Kainit
„ 3 „ 9: mit Ammoniak-Superphosphat (9 × 9) + Kainit + fehlende Phosphorsäure als Superphosphat
„ 6 „ 12: mit Thomasmehl + 40%igem Kalisalz + Natronsalpeter.

Stallmist und Kalk wurden nicht gegeben.

Bodenproben für die Untersuchung wurden am 18. Juli, 25. September 1931 und am 5. April, 12. Mai, 6. Juli und 10. Oktober 1932 entnommen. Mit Ausnahme der Proben vom 5. April 1932 wurden alle übrigen auf Kalkgehalt, Kali und Phosphorsäure untersucht (s. Tab. 1—4).

Zu diesen Tabellen ist folgendes zu bemerken: Der Gehalt an wurzellöslichem Kali ist im Herbst 1931 zurückgegangen. Neugedüngt wurde beim Pflanzen der Kartoffeln am 5. April 1932. Untersucht wurden aber erst die Bodenproben vom 12. Mai. Da die Kartoffeln noch im Beginn des Wachstums standen und ihren Nährstoffbedarf größtenteils noch aus der Mutterknolle gedeckt hatten, kommt die Düngung deutlich durch die Vergrößerung der Neubauer-Kaliwerte zum Ausdruck. Die folgenden Bestimmungen vom 6. Juli, dem Datum der Kartoffelernte, zeigen die Kali-

bedürftigkeit dieser Pflanze; denn die gefundenen Werte haben sehr stark abgenommen. Eine kleine Zunahme findet wieder während des Wachstums der Serradelle statt.

Wie das Kali, sollte auch die Phosphorsäure nach der Keimpflanzmethode bestimmt werden. Dieser Versuch schlug aber fehl, wie Tabelle 3 zeigt. Nur bei den alkalisch gedüngten Parzellen ergaben sich stets positive Werte, die aber auch sehr unregelmäßig schwankten. Bei den übrigen Parzellen wurden teils positive, teils negative Werte gefunden. Aus diesem Grunde wurde die in 2%iger Zitronensäure lösliche Phosphorsäure bestimmt, die Ergebnisse siehe Tabelle 4.

b) Bestimmung der Bodenreaktion. Einleitend sei bemerkt, daß keiner der untersuchten Böden alkalisch oder völlig neutral war, wenngleich auch nicht alle austauschsauer waren. Die stärkste Form der Versäuerung, die aktuelle Acidität nach Kappen (15), wurde nicht beobachtet, wie sie auch nach Oskierski (25) auf Kulturböden nicht auftritt (vgl. Tabelle 5).

Hervorgehoben sei, daß die Proben vom 5. April 1932 nach der Düngung entnommen wurden. Die Wirkung der Düngesalze kommt deutlich durch die Erhöhung der hydrolytischen Acidität zum Ausdruck (Tabelle 6).

Bei den einzelnen Parzellen finden sich gewisse Schwankungen der p_H-Werte (Tab. 7. u. 8). Aehnliche Beobachtungen wurden auch von anderer Seite gemacht. So stellten Cziki und Becker (6) in der Wasseraufschlämmung desselben Bodens Unterschiede bis zu 1,05 zwischen Frühjahrs- und Sommermessungen fest. In der Chlorkaliumaufschlämmung waren die Unterschiede geringer. Aehnliche Unterschiede fand Fehér (9, 10) bei Waldböden, während Nehring (22) und Morgenroth (20) dasselbe bei Ackerböden fanden. Wahrscheinlich sind klimatische Einflüsse hier von Bedeutung, denn nach Heinrich (13) wirkt die künstliche Düngung, sofern sie in der Praxis entsprechenden Gaben erfolgt, sehr wenig auf die Bodenreaktion ein.

II. Messungen der Reaktionsänderungen während einer Vegetationsperiode. (Gefäßversuche).

Bei der vorliegenden Arbeit ergab sich auch die Frage nach einer etwa vorhandenen aktiven Einwirkung der Pflanzenwurzeln auf die Regulierung der Bodenreaktion.

Nach Frank (11) sollen die Pflanzen aktiv die Bodenreaktion beeinflussen. Genauer präzisiert Maschhaupt (18) seine Schlußfolgerungen: Die Aenderung der Reaktion von Nährlösungen wird nicht nur durch die Assimilation bewirkt, sondern auch durch Exosmose von Kalk und Kali aus der Wurzel.

Nach Kappen (17), Morgenroth (20) und Brenner (3) übt dagegen die Pflanze keinen oder einen nur höchst unbedeutenden Einfluß auf die Bodenreaktion aus. Umgekehrt vertreten Haastert (12) und Brehmer (2) die Ansicht, daß ein solcher Einfluß doch vorhanden sei.

Nach M. v. Wrangell (28) schwankt in unmittelbarer Nähe der Wurzel die Bodenreaktion bald nach der sauren, bald nach der neutralen Seite hin. Dieses sei aber nicht durch Exosmose sondern Endosmose, also Eintritt von Ionen in die Wurzel zu erklären. Nach dieser Theorie beginnt die Pflanze mit der Aufnahme von Kationen; dadurch wird der Boden sauer, nunmehr werden Anionen aufgenommen, und der Boden wird wieder neutral bzw. alkalisch. Es erfolgt wieder Aufnahme von Kationen usw.

Versuchsanstellung. Es sollte untersucht werden, ob sich besonders in unmittelbarer Nähe der Wurzeln irgendwelche, durch die Pflanze hervorgerufenen Reaktionsänderungen im Boden feststellen ließen. Zu diesem Zwecke wurden Gefäßversuche angestellt. Es wurden 3 Reihen von je 8 Töpfen gebildet. In jeden Topf kam zunächst eine Schicht groben Kieses und dann 7 kg Boden. Der Boden, ein humoser Sandboden, stammte vom Versuchsgute Sprakel b. Münster. Sein p_H-Wert betrug zu Anfang des Versuches 4,7.

Reihe 1 wurde folgendermaßen eingerichtet: Je zwei Töpfe wurden mit Gerste und Mais bepflanzt. Ein Topf mit jeder Fruchtart wurde sauer, mit schwefelsaurem Ammoniak, der andere alkalisch, mit Kalksalpeter, gedüngt. Für die Gerste betrug die Düngermenge je Topf 0,63 g $(NH_4)_2SO_4$ bzw. 1,64 g $Ca(NO_3)_2$. Der Mais bekam die doppelte Düngergabe. Mit Kali und Phosphorsäure wurde nicht gedüngt. Außer diesen 4 Töpfen wurden noch 4 weitere als Leerversuche in genau derselben Weise, aber ohne Pflanzen, angesetzt.

Reihe 2 und 3 wurden in derselben Weise angesetzt. Der Unterschied gegenüber Reihe 1 bestand darin, daß Reihe 2 durch Kalkzusatz auf $p_H = 5{,}1$ und Reihe 3 auf $p_H = 6{,}1$ gebracht wurde. Der p_H-Wert eines jeden Topfes wurde wöchentlich elektrometrisch bestimmt. Die Messergebnisse in Kaliumchlorid sind in den Tabellen 9 u. 10 zusammengestellt. Die eingeklammerten Zahlen gelten für den jeweiligen Leerversuch.

Der Versuch wurde nach 9 Wochen abgebrochen, weil die Gerste notreif wurde. Der größte p_H-Unterschied beträgt 0,7. Die Zahlen sprechen für die Theorie M. v. Wrangells, wonach die Pflanze abwechselnd Kationen und Anionen aufnimmt. Bei diesem Versuche war der Boden sauer; zunächst wurden Anionen aufgenommen. Dadurch stieg der p_H-Wert etwas, was vermehrte Kationenaufnahme zur Folge hatte, wodurch die Acidität stieg, usw.

Die Unregelmäßigkeiten in den Ergebnissen können z .T. auch daher rühren, daß die Bodenproben nicht immer gleichmäßig

waren. Diese Fehlerquelle ließ sich aber bei den bepflanzten Töpfen nicht ausschalten; wenn nämlich jedesmal von 8—10 verschiedenen Stellen Proben entnommen und daraus eine Durchschnittsprobe gemischt wurde, so war zu befürchten, daß das dicht gedrängte Wurzelsystem, besonders beim Mais, beschädigt würde. Es wurden deshalb nur von 3—4 Stellen desselben Topfes Proben entnommen und gemischt.

Es scheint aus dem Vergleich mit den Leerversuchen jedoch hervorzugehen, daß die Pflanze wohl imstande ist, die Bodenreaktion in geringem Maße zu beeinflussen. Es schwanken zwar auch bei den Leerversuchen die p_H-Werte, aber nicht so stark wie bei den bepflanzten Töpfen. Diese Schwankungen können durch bakterielle Umsetzungen im Boden sowie auch durch Temperatur usw. beeinflußt werden.

Weiterhin scheint aus den gefundenen Werten hervorzugehen, daß in Uebereinstimmung mit Kappen (15) und im Gegensatze zu Heinrich (13) die Düngung doch einen gewissen Einfluß auf die Bodenreaktion hat. Beim Mais tritt nämlich am Ende des Versuches ein größerer Unterschied zwischen saurer und alkalischer Düngung hervor als bei der Gerste. Dieses rührt wohl daher, daß beim Mais die doppelte Düngemenge gegeben wurde.

Dann ist noch besonders bemerkenswert, daß zwar nur ein geringer Unterschied zwischen bepflanzten und unbepflanzten Töpfen vorhanden ist, daß aber im Boden Umsetzungen stattfinden, die von der Reaktion abhängen. Besonders deutlich tritt dieses bei den sauer gedüngten Töpfen hervor: Bei der ungekalkten Reihe und auch noch bei Reihe 2 ist der Reaktionsunterschied zwischen Anfang und Ende des Versuches ziemlich unbedeutend. Stark wird der Unterschied bei der dritten, fast neutralen Reihe. Besonders deutlich treten diese Unterschiede beim Mais hervor. Dasselbe wurde von Nehring (22) gefunden, nach dessen Ansicht die Nitrifikation beim schwefelsaurem Ammoniak sich erst bei fast neutraler bzw. alkalischer Bodenreaktion bemerkbar macht, sodaß erst dann die physiologische Acidität dieses Düngemittels in Erscheinung tritt.

Es sollte eigentlich durch diesen Versuch festgestellt werden, ob die Pflanze in der Lage ist, bei sauren Böden und bei saurer Düngung einen alkalisierenden „Reaktionsstoß" auszuüben. Dieser Versuch gelang aber nicht. Unsere heutigen Messeinrichtungen gestatten es noch nicht, derartige Vorgänge, die sich doch nur in unmittelbarer Nähe der Wurzeln abspielen können, wenn sie überhaupt stattfinden, zu messen. Dazu müßte es m. E. möglich sein, die Messungen unmittelbar im Boden vorzunehmen, weil es mindestens sehr schwierig ist, aus der sehr kleinen Rhizosphäre geeignete Proben zu entnehmen.

III. Untersuchung von Pflanzenaschen.

Das zu untersuchende Material wurde mir teils vorgetrocknet und gemahlen zur Verfügung gestellt, teils wurde es im Laufe eines Jahres auf dem Versuchsgute Sprakel angebaut. Es stellte sich heraus, daß besonders bei den Wicken eine bedeutende Menge Sand vorhanden war. Die in den folgenden Tabellen angegebenen Werte sind Mittelwerte mit Ausnahme bei der Gerste, bei welcher teilweise Doppelbestimmungen nicht möglich waren, da zu wenig Material vorhanden war.

a) Wicken

Wie schon erwähnt, wurden mir die Wicken in bereits gemahlenem Zustande übergeben. Die Ernte an Trockensubstanz hatte betragen:

Parz.	1	0,29 kg.	Parz.	7	0,35 kg.
„	6	0,99 „	„	12	0,77 „
„	2	0,38 „	„	8	0,30 „
„	3	0,37 „	„	9	0,28 „

Die Zusammensetzung der Mineralstoffe der Wicken ist aus Tabelle 11 ersichtlich. Im einzelnen läßt sich zu dieser Tabelle folgendes sagen:

1. Asche: Bei den ungedüngten Parzellen ist die Aschenmenge geringer als bei den gedüngten. Eine eindeutige Beziehung zwischen dem Aschengehalt und der Bodenreaktion ist bei den Wicken nicht zu erkennen; denn einmal ist der Aschengehalt bei den sauren Parzellen größer — Parzelle 1 u. 2 gegenüber 7 u. 8 — in anderen Fällen aber gleich bzw. geringer als bei den nicht angesäuerten Parzellen.

2. Kalk: Bemerkenswert ist hier, daß der Kalkgehalt der Aschen der Pflanzen von den ungedüngten Parzellen bedeutend höher ist als derjenige von den gedüngten Parzellen. Vielleicht spielt hier der Kalk eine Rolle als Ersatz für fehlende Nährstoffe. Eindeutig ist festzustellen, daß bei den gedüngten Pflanzen mit Abnahme der Bodenacidität der Kalkgehalt in den Aschen ansteigt. Bei den ungedüngten Pflanzen aber ist der umgekehrte Vorgang eingetreten.

3. Magnesia: Im Verhältnis zum Kalk ist der Magnesiagehalt der Wicke gering. Die schwankenden Zahlen lassen keine eindeutige Beziehung zwischen dem Magnesiagehalt der Asche und der Bodenreaktion erkennen. Genau wie beim Kalk enthält auch die Asche der ungedüngten Pflanzen mehr Magnesia als die andern Aschen. Bei der Umrechnung auf Trockensubstanz nehmen die ungedüngten Pflanzen etwa eine Mittelstellung ein.

4. Kali: Wie zu erwarten, ist hier im Gegensatze zum Kalkgehalt der Gehalt an Kali in den ungedüngten Parzellen am geringsten. Bei Parzelle 1 z. B. beträgt er nur etwa die Hälfte des normalen Wertes. Der höchste Kaligehalt findet sich bei der sauersten Parzelle 3. Abgesehen von den ungedüngten Parzellen zeigen jedesmal die Aschen der auf den angesäuerten Parzellen gewachsenen Pflanzen einen höheren Gehalt an Kali als die Aschen von den nicht angesäuerten Vergleichsparzellen.

5. Natron: Ein Unterschied zwischen den gedüngten und ungedüngten Pflanzen ist kaum vorhanden. Es zeigen aber die mit Natronsalpeter gedüngten Parzellen 6 und 12 eine starke Erhöhung des Natrongehaltes. Fast überall, mit Ausnahme der alkalisch gedüngten Wicken, enthalten die Aschen von den nicht angesäuerten Parzellen mehr Natron als die Aschen von den angesäuerten Vergleichsparzellen. Eine Zunahme der Bodenacidität bewirkt also im allgemeinen eine Abnahme des Natrongehaltes in der Wickenasche.

6. Eisen: Es läßt sich eindeutig feststellen, daß bei abnehmender Bodenacidität der Eisengehalt bei der Wicke steigt, denn überall, auch bei den ungedüngten Parzellen, hat die Behandlung des Bodens mit Schwefelsäure den Eisengehalt, auf Aschenprozente und auch auf Trockensubstanz umgerechnet, stark negativ beeinflußt. Die Art des Düngers scheint hierbei keine entscheidende Rolle zu spielen.

7. Kieselsäure: Ein bedeutender Unterschied zwischen gedüngten und ungedüngten Parzellen ist nicht ersichtlich. Während die angesäuerten Parzellen 1 u. 2 den nicht angesäuerten Vergleichsparzellen 7 u. 8 gegenüber weniger Kieselsäure in der Asche aufweisen, verhalten sich die übrigen Parzellen umgekehrt; die angesäuerten Parzellen 3 u. 6 enthalten mehr Kieselsäure als die Vergleichsparzellen 9 und 12; von einer allgemein gültigen Beziehung zwischen Kieselsäuregehalt der Wickenasche und Bodenreaktion kann also nicht die Rede sein.

8. Phosphorsäure: Bei der Phosphorsäureaufnahme der Wicke scheint wiederum eine gewisse Abhängigkeit von der Bodenreaktion vorhanden zu sein. In der Mehrzahl der Fälle steigt nämlich der Phosphorsäuregehalt in der Asche und auch in der Trockensubstanz mit der Abnahme der Bodensäure. Eine Ausnahme bilden die alkalisch gedüngten Parzellen 6 u. 12; hier findet sich nämlich bei der angesäuerten Parzelle 6 ein erhöhter Phosphorsäuregehalt.

9. Schwefelsäure und Chlor: Diese beiden Aschenbestandteile verhalten sich völlig entgegengesetzt. Während bei den sauren Parzellen eine Zunahme der Schwefelsäure erfolgt ist, ist die Chloraufnahme durch die Ansäuerung des Bodens verringert worden. Dieses läßt sich bei sämtlichen untersuchten

Aschen beobachten, und auch die ungedüngten Parzellen weichen nicht hiervon ab.

Kurze Uebersicht über die Ergebnisse bei der Wicke.

Abgesehen von den ungedüngten Parzellen, bei denen nicht alle Nährstoffe in genügendem Maße zur Verfügung stehen, läßt sich kurz folgendes feststellen:

1. Die Kalkaufnahme ist im allgemeinen durch saure Bodenreaktion gehemmt.

2. Der Eisengehalt erleidet mit zunehmender Bodenacidität ebenfalls eine Verminderung.

3. Auch Phosphorsäure und Chlor finden sich weniger, wenn die Bodensäure zunimmt.

4. Kali und Schwefelsäure werden dagegen mehr in der Asche gefunden, wenn die Wicke auf saurem Boden gewachsen ist.

5. Bei den übrigen Bestandteilen, welche in der Wickenasche bestimmt wurden, Magnesia, Natron und Kieselsäure, wurde keine eindeutige Beziehung zwischen deren Menge und der Bodenreaktion festgestellt.

b) Serradella

Die Serradella wurde als Nachfrucht zu Kartoffeln am 12. Juli 1932 gesät und am 10. Okt. geerntet. An Trockensubstanz wurde gewonnen:

Parz.	1	0,32 kg.	Parz.	7	0,80 kg.
„	6	1,59 „	„	12	1,03 „
„	2	0,91 „	„	8	1,25 „
„	3	1,05 „	„	9	0,98 „

Die einzelnen Aschenbestandteile sind in der Tabelle 12 aufgeführt:

1. Asche: Der Aschengehalt der Serradella scheint nicht stark von der Bodenreaktion abhängig zu sein. Bei den ungedüngten Parzellen 1 u. 7 und den alkalisch gedüngten 6 u. 12 findet sich jedesmal in der angesäuerten Parzelle der größere Aschengehalt. Bei den sauer gedüngten Böden aber enthält die auf den nicht mit Schwefelsäure behandelten Flächen gewachsene Serradella mehr Asche als die von den nicht angesäuerten Vergleichsparzellen stammende Serradella.

2. Kalk: Ebenso wie bei der Wicke findet sich in den Aschen der ungedüngten Pflanzen etwa die doppelte Menge Kalk wie in den von der gedüngten Serradella. In den meisten Fällen ist der Kalkgehalt in der Asche derjenigen Pflanzen, die auf dem nicht angesäuerten Boden gewachsen sind, größer als bei den Pflanzen von den mit Schwefelsäure behandelten Vergleichspar-

zellen. Nur die Pflanzen von den alkalisch gedüngten Parzellen 6 u. 12 verhalten sich umgekehrt. Bei der Umrechnung des Kalkgehaltes auf Trockensubstanz findet sich keine Beziehung zur Bodenreaktion.

3. Magnesia: Die Magnesiaaufnahme der Serradella verläuft umgekehrt wie die Kalkaufnahme, abgesehen davon, daß die Aschen der ungedüngten Pflanzen mehr Magnesia enthalten als die der gedüngten. Es fand sich mehr Kalk bei den nicht angesäuerten Parzellen, an Magnesia ist mehr bei den angesäuerten vorhanden. Beim Kalk verhielten sich die am wenigsten sauren Parzellen abweichend, hier die sauersten Parzellen 3 u. 9. Der Magnesiagehalt, auf Trockensubstanz berechnet, steigt stets mit der Zunahme der Bodenacidität.

4. Kali: Die ungedüngten Pflanzen enthalten naturgemäß viel weniger Kali in der Asche und in der Trockensubstanz als die gedüngten. Ausnahmslos findet sich in der Asche von den sauren Parzellen mehr Kali als in der Asche von den nicht angesäuerten Parzellen. Dieselbe Beziehung findet sich bei der Umrechnung auf Trockensubstanz: Saure Reaktion des Bodens bewirkt eine Erhöhung des Kaligehaltes.

5. Natron: Das Natron zeigt sich als Antagonist des Kalis. Während der Kaligehalt bei den angesäuerten Parzellen größer war, ist der Natrongehalt bei den unbehandelten Parzellen größer als bei den sauren Vergleichsparzellen. Der Natrongehalt der Asche und auch der Trockensubstanz steigt also mit zunehmendem p_H-Werte des Bodens.

6. Eisenoxyd: Die Unterschiede im Eisengehalt der einzelnen Aschen sind nur geringfügig. Im allgemeinen kann man sagen, daß mit dem Sinken der Bodenacidität der Eisengehalt in der Asche ein wenig ansteigt. Die Eisengehalte, auf Trockensubstanz berechnet, lassen keinen Unterschied zwischen sauren und nicht angesäuerten Parzellen erkennen.

7. Kieselsäure: Der Kieselsäuregehalt scheint von der Bodenreaktion unabhängig zu sein; er scheint vielmehr von der Art der Düngung abzuhängen. Bei den sauer gedüngten Parzellen nimmt er mit steigender Bodenacidität zu, bei den alkalisch gedüngten und ungedüngten Parzellen fällt er bei steigender Bodenacidität.

8. Phosphorsäure: Im allgemeinen nimmt die Serradella mehr Phosphorsäure auf, wenn der Säuregrad des Bodens geringer wird; nur die am stärksten sauer gedüngten Parzellen 3 u. 9 weichen von dieser Regel ab; hier wird der Phosphorsäuregehalt geringer in der Asche und auch in der Trockensubstanz, wenn die Bodenreaktion sich zur neutralen Seite hin verschiebt.

9. Schwefelsäure und Chlor: Der Schwefelsäuregehalt der Asche scheint insofern von der Bodenreaktion beein-

flußt zu werden, als er bei steigendem p_H-Werte des Bodens zunimmt. Nur bei der alkalischen Düngung findet sich bei der sauren Parzelle etwas mehr Schwefelsäure in der Asche. Der Chlorgehalt verhält sich umgekehrt. Er steigt mit zunehmender Bodenacidität, und zwar auch mit Ausnahme der alkalisch gedüngten Parzellen. Während sich bei der angesäuerten Parzelle weniger Schwelsäure fand, ist der Chlorgehalt in diesem Falle größer geworden.

Kurze Uebersicht über die Ergebnisse bei der Serradella.

1. Der Kalk-, Magnesia- und Kaligehalt steigt mit der Bodenacidität an.

2. Der Natrongehalt nimmt ab, wenn die Bodenacidität größer wird.

3. Zwischen der Bodenreaktion und dem Eisen- sowie dem Kieselsäuregehalt scheinen keine Beziehungen zu bestehen.

4. Saure Bodenreaktion scheint den Prozentsatz Phosphorsäure und Schwefelsäure zu vermindern, den Chlorgehalt aber zu erhöhen.

c) Gerste

Die Gerste war bereits im Sommer 1931 angebaut. Es wurde an Trockensubstanz geerntet: (in kg)

	Körner	Stroh		Körner	Stroh
Parz. 1	0,22	0,55	Parz. 7	0,41	0,64
„ 6	1,23	2,83	„ 12	0,95	2,87
„ 2	0,004	0,012	„ 8	0,71	1,02
„ 3	0,004	0,009	„ 9	0,59	1,28

Bei den Körnern befand sich ein bedeutender Prozentsatz Spelzen usw., die mit gemahlen waren. Außerdem war von Parzelle 2 u. 3 so wenig Material vorhanden, daß keine Doppelbestimmungen ausgeführt werden konnten, und auch die Chlorbestimmung nicht möglich war. (s. Tabelle 13 u. 14).

1. Asche: Bezüglich des Aschengehaltes verhalten sich Körner und Stroh gerade umgekehrt. Der Aschengehalt der auf den sauren Parzellen gewachsenen Körner ist größer, der des Strohes geringer als derjenige von den Vergleichsparzellen. Die Gesamtaschenmenge ist beim Stroh durchschnittlich etwa dreimal so groß wie bei den Körnern.

2. Kalk: Sowohl bei den Körnern als auch beim Stroh ist der Kalkgehalt in der Asche von den sauren Parzellen stets größer als von den Vergleichsparzellen. Ueberall hat also die größere Bodenacidität die Kalkaufnahme bei der Gerste gestei-

gert. Die Kalkmenge in der Trockensubstanz ist bei den Körnern und beim ungedüngten Stroh von den sauren Parzellen größer, beim gedüngten Stroh aber kleiner als von den Vergleichsparzellen.

3. Magnesia: Auffällig ist, daß der Magnesiagehalt beim Stroh durch die alkalische Düngung stark verringert, bei den Körnern aber etwas erhöht ist. Weiterhin enthalten die Körneraschen von den sauren Parzellen weniger, die Strohaschen aber mehr Magnesia als bei den Vergleichsparzellen. Der Magnesiagehalt nimmt also bei den Körnern mit den p_H-Werten des Bodens ab, beim Stroh dagegen mit steigender Bodenacidität zu.

4. Kali: Bei den Körnern findet sich stets in den Aschen der weniger sauren Reihe mehr Kali als in den von den angesäuerten Böden stammenden Aschen. Alkalische Reaktion des Bodens begünstigt also die Kaliaufnahme. Die ungedüngten Pflanzen verhalten sich umgekehrt, doch liegen hier infolge der jahrelang unterbliebenen Düngung anormale Verhältnisse vor. Bei den Strohaschen schwanken die gefundenen Werte in unregelmäßiger Weise; Beziehungen zur Bodenreaktion lassen sich nicht feststellen.

5. Natron: Die verschiedene Bodenreaktion hat die Natronaufnahme in umgekehrter Weise beeinflußt wie die Kaliaufnahme. Während sich bei den Körnern der Kaligehalt in regelmäßiger Weise mit der Bodenreaktion änderte, verläuft die Natronaufnahme ganz unregelmäßig. Umgekehrt verlief beim Stroh die Kaliaufnahme ohne Beziehung zur Bodenreaktion; es macht sich aber fast überall das Bestreben, aus weniger saurem Boden mehr Natron aufzunehmen, bemerkbar, besonders, wenn man das Verhältnis vom Natron zur Trockensubstanz in Betracht zieht.

6. Eisenoxyd: Die Unterschiede zwischen den Eisengehalten der einzelnen Aschen sind nur sehr gering. Die Eisengehalte der Trockensubstanz kann man praktisch als gleich ansehen. Fast überall zeigt die Asche von der weniger sauren Parzelle einen etwas größeren Eisengehalt als die Asche von den sauren Vergleichsparzellen.

7. Kieselsäure: Daß bei den Körnern viel höhere Werte gefunden wurden, als sonst in der Literatur angegeben (27), rührt daher, daß sehr viele Spelzen und Grannen den gemahlenen Körnern beigemischt waren. Der niedrige Gehalt in der Strohasche ist wohl eine Folge der schlechten Entwickelung der Gerste. Feststellen läßt sich aber, daß saure Bodenreaktion den Kieselsäuregehalt der Asche von Gerstenkörnern erhöht. Beim Stroh lassen sich keine solchen Beziehungen nachweisen.

8. Phosphorsäure: Bei den Körnern hat überall die Verschiebung der Bodenreaktion zur neutralen Seite hin eine Vermehrung der Phosphorsäure in der Asche zur Folge gehabt. Beim Stroh ergibt sich in den meisten Fällen dasselbe; nur bei

den alkalisch gedüngten Parzellen 6 u. 12 ist der umgekehrte Fall eingetreten. Die Schwankungen des Phosphorsäuregehaltes der Trockensubstanz scheinen nicht in so enger Beziehung zur Bodenreaktion zu stehen.

9. Schwefelsäure: Hier ergibt sich die eindeutige Beziehung, daß in der Asche von Körnern und Stroh der Schwefelsäuregehalt mit der Bodensäure ansteigt, wenigstens bei den gedüngten Parzellen. Bemerkenswert ist noch, daß beim Stroh im Gegensatz zu den Körnern die alkalische Düngung den Schwefelsäuregehalt sehr stark verringert hat.

Da die Chlorbestimmung nicht überall durchgeführt werden konnte, lassen sich hier keine bestimmten Schlüsse ziehen.

Kurze Uebersicht über die Ergebnisse bei der Gerste.

1. Körner und Stroh verhalten sich bezüglich der Aufnahme von Mineeralstoffen oft entgegengesetzt.

2. Der Aschengehalt der Körner wird auf saurem Boden größer, der des Strohes aber kleiner als auf neutralem Boden.

3. Durch stärkere Bodensäure wird bei den Körnern und beim Stroh der Kalkgehalt der Asche erhöht.

4. Gerstenkörner nehmen aus saurem Boden weniger, Gerstenstroh aber mehr Magnesia auf als aus neutralem Boden.

5. Auch der Kali- und Natrongehalt wird bei den Körnern und beim Stroh durch die Bodenreaktion verschieden beeinflußt: Körner nehmen aus neutralem Boden mehr Kali auf als aus saurem. Das Stroh reagiert nicht eindeutig. Umgekehrt lassen sich keine Beziehungen zwischen dem Natrongehalt der Körnerasche und der Bodenreaktion finden, während die Strohasche durch neutrale Bodenreaktion reicher an Natron wird.

6. Der Eisengehalt der Asche steigt bei Körnern und Stroh mit dem p_H-Werte des Bodens.

7. Bodensäure erhöht den Kieselsäuregehalt in der Asche von Gerstenkörnern, aber nicht immer in der Asche vom Gerstenstroh.

8. Mit saurer Bodenreaktion steigt der Phosphorsäuregehalt bei den Gerstenkörnern, fällt aber beim Gerstenstroh.

9. Auch die Schwelsäure nimmt bei Körnern und Stroh zu, wenn die Bodensäure zunimmt.

d) Kartoffeln

Es wurde die Sorte „Holländische Erstlinge" verwandt. Das vorgekeimte Pflanzgut wurde am 5. April 1932 in Abständen von 50 × 40 cm gepflanzt und am 12. Juli geerntet. Die Trockensubstanz betrug:

	Knollen	Kraut		Knollen	Kraut
Parz. 1	0,45	0,47	Parz. 7	0,33	0,39
„ 6	1,16	0,91	„ 12	0,84	1,46
„ 2	0,54	0,68	„ 8	0,88	1,73
„ 3	0,34	0,62	„ 9	0,77	1,84

Die Untersuchungsergebnisse sind in den Tabellen 15 u. 16 zusammengestellt.

1. Asche: Bezüglich des Aschengehaltes werden Knollen und Kraut durch verschiedene Bodenreaktion in umgekehrten Weise beeinflußt. Wie aus den Tabellen hervorgeht, nimmt der Prozentsatz Asche bei den Knollen mit steigender Bodenacidität zu, bei dem Kraut dagegen im allgemeinen ab. Abweichend verhalten sich nur die alkalisch gedüngten Parzellen.

2. Kalk: Die Kartoffelknollen haben mehr Kalk aus den weniger sauren Böden aufgenommen als aus den angesäuerten Parzellen. Die Kalkwerte beim Kraut schwanken in unregelmäßiger Weise; die Bodenreaktion scheint also keinen großen Einfluß auf die Kalkaufnahme beim Kartoffelkraut auszuüben. Bei der Umrechnung auf Trockensubstanz ergeben sich genau die umgekehrten Beziehungen: Bei den Knollen ist der Kalkgehalt fast gleich, beim Kraut dagegen steigt er mit dem p_H-Werte des Bodens.

3. Magnesia: Der Magnesiagehalt der Knollenasche verläuft, wenigstens bei den gedüngten Parzellen, den p_H-Werten des Bodens proportional. Auch beim Kraut enthalten die von den weniger sauren Parzellen stammenden Aschen ebenfalls mehr Magnesia, sodaß der Schluß berechtigt erscheint: Bei der Kartoffel steigt der Magnesiagehalt, wenn die Bodensäure geringer wird.

4. Kali: Aus den gefundenen Zahlenwerten geht wieder das verschiedene Verhalten von Knollen und Kraut hervor. Mit der Abnahme der Bodensäure erfolgt bei den Knollen eine Zunahme des Kalis in der Asche. Beim Kraut kann man die entgegengesetzte Tatsache feststellen: Die Asche des Krautes von saurem Boden enthält mehr Kali als die Asche von neutralem Boden. Es ist interessant, daß die Werte, umgerechnet auf Trockensubstanz, bei den Knollen umgekehrt verlaufen, wie bei der Berecnnung als Aschenprozente. Beim Kraut lassen sich keine solchen Regelmäßigkeiten finden.

5. Natron: Wie aus den Tabellen ersichtlich ist, gilt hier ausnahmslos die Regel, daß bei der Asche von Knollen und Kraut eine Zunahme des Natrongehaltes eintritt, wenn der Boden sich der neutralen Reaktion nähert. Der Anteil des Natrons an der Trockensubstanz der Kartoffelknollen verändert sich unregelmäßig. Beim Kartoffelkraut aber nimmt die Natronmenge zu, wenn die Bodenacidität geringer wird.

6. Eisen: In den Aschen der Knollen von den sauren Parzellen 1 u. 2 wurde mehr Eisen gefunden als bei den Vergleichsparzellen 7 u. 8. Aber die Aschen der Knollen von den sauren Parzellen 3 u. 6 enthalten weniger Eisen als die von den zugehörigen Parzellen 9 u. 12, sodaß Beziehungen zur Bodenreaktion nicht erkennbar sind. Beim Kraut aber steigt überall der Eisengehalt der Asche, wenn der Säuregrad des Bodens geringer wird.

7. Kieselsäure: Die Kieselsäuregehalte in Knollen und Kraut sind von der Bodenreaktion in entgegengesetzter Weise abhängig. Bei den Knollen bedingt saure Bodenreaktion eine Zunahme der Kieselsäure in der Asche; beim Kraut aber nimmt unter gleichen Umständen der Kieselsäuregehalt der Asche ab. In der Trockensubstanz sind bei den Knollen kaum Unterschiede vorhanden, beim Kraut aber nimmt der Kieselsäuregehalt mit zunehmender Bodensäure ziemlich stark ab.

8. Phosphorsäure: Durch die Aenderung der Bodenreaktion wird die Phosphorsäureaufnahme bei den Knollen und beim Kraut in gleicher Weise beeinflußt. Fast überall wird durch das Sinken der Bodenacidität eine Zunahme des Phosphorsäuregehaltes in der Asche hervorgerufen. Nur das Kraut von Parzelle 2 u. 8 macht eine Ausnahme, doch sind die gefundenen Unterschiede nicht sehr bedeutend.

9. Schwefelsäure und Chlor: Der Schwefelsäuregehalt der Knollenasche scheint mehr von der Düngung als von der Bodenreaktion abzuhängen. Bei den sauer gedüngten Pflanzen steigt der Schwelsäuregehalt mit der Bodensäure, bei den ungedüngten und alkalisch gedüngten aber nimmt er mit zunehmender Bodensäure ab. Bei dem Kraut nimmt der Schwelsäuregehalt der Asche mit steigender Bodenacidität zu. Zwischen dem Schwefelsäuregehalt der Trockensubstanz und der Bodenreaktion läßt sich keine Beziehung finden.

Die Chloraufnahme wird bei den Knollen und beim Kraut durch die Erhöhung der Bodensäure gesteigert.

Kurze Uebersicht über die Ergebnisse bei der Kartoffel.

Die Untersuchung der Asche bei den Kartoffeln lieferte, kurz zusammengefaßt, folgende Ergebnisse:

1. Die Aschenmenge bei der Knolle nimmt mit steigender Bodenacidität zu, beim Kraut im allgemeinen ab.

2. Der Kalkgehalt der Asche steigt bei den Knollen mit zunehmendem p_H-Werte des Bodens, während beim Kraut eine Beziehung zwischen dem Kalkgehalt der Asche und der Bodenreaktion nicht erkennbar ist.

3. Neutrale Bodenreaktion begünstigt die Magnesiaufnahme.

4. Eine Aenderung der Bodenreaktion wirkt auf den Kaligehalt der Asche von Knollen umgekehrt ein, wie beim Kraut: Durch neutrale Bodenreaktion wird er bei der Knolle erhöht, beim Kraut aber vermindert.

5. Mit zunehmender Bodensäure fällt der Natrongehalt bei der Knolle und beim Kraut.

6. Der Eisengehalt nimmt beim Kraut mit steigendem p_H-Werte des Bodens zu; bei der Knolle zeigt sich keine solche Parallele.

7. Mit zunehmender Bodensäure steigt bei den Knollen der Kieselsäuregehalt in der Asche, er fällt aber bei der Krautasche.

8. Der Phosphorsäuregehalt nimmt überall bei der Kartoffel mit der Bodensäure zu.

9. Ein Einfluß der Bodenreaktion auf den Schwelsäuregehalt der Asche von Kartoffelknollen ist nicht festzustellen, er steigt aber in der Krautasche mit Zunahme der Bodensäure, wie auch der Chlorgehalt bei der ganzen Pflanze dadurch erhöht wird.

e) Mais (Gefäßversuch)

Als Ergänzung und Erweiterung der vorstehenden Feldversuche wurde noch ein Gefäßversuch mit Mais ausgeführt. Es wurden 3 Reihen zu je zwei Töpfen gebildet. Der eine Topf wurde alkalisch, der zweite sauer gedüngt. Der p_H-Wert des Bodens in der ersten Reihe betrug 4,7. Durch Kalkzusatz wurde die zweite Reihe auf $p_H = 5{,}1$ und die dritte Reihe auf $p_H = 6{,}1$ gebracht. Der Mais wurde geerntet, als sich die Kolben zu bilden begannen. In der Tabelle 17 wird die Ernte von dem ursprünglichen Boden mit 1 s u. 1 a bezeichnet, entsprechend der sauren und alkalischen Düngung. Die Reihe $p_H = 5{,}1$ führt die Bezeichnung 2 s u. 2 a und die fast neutrale Reihe 3 s u. 3 a.

Trockensubstanz wurde geerntet:

1 s	41,6 g	1 a	69,2 g
2 s	63,9 g	2 a	63,1 g
3 s	67,2 g	3 a	68,6 g

1. Asche: Bei der sauer gedüngten Reihe verlaufen die gefundenen Zahlenwerte umgekehrt wie bei der alkalisch gedüngten. 2 a weist den höchsten Aschengehalt der alkalischen Reihe auf, 2 s aber den niedrigsten der sauren Reihe. Weiterhin findet sich bei 1 s mehr Asche als bei 3 s, bei 1 a aber weniger als bei 3 a. Der Aschengehalt des Mais steht also in keiner Beziehung zur Bodenreaktion.

2. Kalk: Die Asche des sauer gedüngten Mais läßt keinen Zusammenhang zwischen ihrem Kalkgehalt und der Bodenreaktion erkennen. Daß 2 s u. 3 s mehr Kalk enthalten, ist wohl eher auf den größeren Kalkgehalt des Bodens als auf die geringere Boden-

säure zurückzuführen. Bei den alkalisch gedüngten Pflanzen nimmt der Kalkgehalt eindeutig mit steigender Bodenacidität zu, trotz des geringeren Kalkgehaltes der sauren Böden.

3. Magnesia: Ein auffälliges Verhalten zeigt die Reihe 2. 2s weist nämlich einen höheren Magnesiagehalt auf als 1s u. 3s, 2a dagegen einen niedrigeren als 1a und 3a. Die Reihe 1 enthält aber weniger Magnesia als die Reihe 3, sodaß wohl andere Faktoren als nur die Bodenreaktion für die Magnesiaaufnahme bestimmend sind. Der Magnesiagehalt der Trockensubstanz nimmt stets mit steigendem p_H-Werte des Bodens zu.

4. Kali: Bei den sauer gedüngten Töpfen nimmt mit steigender Alkalität des Bodens der Kaligehalt der Asche zu. Bei den alkalisch gedüngten Pflanzen tritt diese Regelmäßigkeit nicht auf. Da auch der Kaligehalt der Trockensubstanz sich nicht in einer bestimmten Richtung ändert, scheint die Bodenreaktion keinen entscheidenden Einfluß auf die Kaliaufnahme beim Mais zu haben.

5. Natron: In der Tabelle läßt sich überall ein Ansteigen des Natrongehaltes mit der Zunahme der p_H-Werte des Bodens verfolgen. Dieses gilt nicht nur für die Asche sondern auch für die Trockensubstanz, sodaß hier eine Abhängigkeit von der Bodenreaktion eindeutig festgestellt ist.

6. Eisen: In sämtlichen Aschen nimmt der Eisengehalt mit steigender Bodenalkalität zu; er ist also beim Mais von der Bodenreaktion abhängig. Auf Trockensubstanz bezogen, nehmen nur die Werte bei den alkalisch gedüngten Pflanzen regelmäßig zu, während sie sich bei den sauer gedüngten Pflanzen unregelmäßig verhalten.

7. Kieselsäure: Ueberall steigt der Kieselsäuregehalt der Maisaschen mit zunehmender Bodenacidität. Weiterhin findet sich in der Asche der sauer gedüngten Pflanzen stets mehr Kieselsäure als in der Asche der zugehörigen alkalisch gedüngten Pflanzen. Durch saure Bodenreaktion wird also beim Mais eine starke Erhöhung des Kieselsäuregehaltes hervorgerufen. Bei der Umrechnung auf Trockensubstanz ergeben sich allerdings solche eindeutigen Beziehungen nicht.

8. Phosphorsäure: Bezüglich des Phosphorsäuregehaltes der Asche unterscheiden sich die sauer gedüngten von den alkalisch gedüngten Maispflanzen. Während bei den sauer gedüngten Pflanzen mit steigender Alkalität des Bodens der Phosphorsäuregehalt der Asche zunimmt, verändern sich die Werte bei den alkalisch gedüngten Pflanzen ziemlich unregelmäßig. Bei der Umrechnung auf Trockensubstanz ergibt sich das umgekehrte Bild: Die Werte für die sauer gedüngten Pflanzen verlaufen unregelmäßig, für die alkalisch gedüngten werden sie mit abnehmender Bodensäure größer.

9. Schwefelsäure und Chlor: An Schwefelsäure weisen die Aschen 2s u. 2a den größten Prozentsatz auf. Den

geringsten Gehalt zeigt sie sauerste Reihe 1 s mit saurer Düngung, sodaß eine Beziehung zur Bodenreaktion wohl nicht besteht.

Dasselbe läßt sich vom Chlorgehalt der sauer gedüngten Pflanzen sagen. Bei den alkalisch gedüngten Pflanzen steigt der Chlorgehalt mit zunehmender Bodenalkalität.

Kurze Uebersicht über die Ergebnisse beim Mais.

1. Zwischen dem Aschengehalt vom Mais und der Bodenreaktion wurde eine Beziehung nicht festgestellt.

2. Der Kalkgehalt der Maisasche schwankt bei den sauer gedüngten Pflanzen in unregelmäßiger Weise. Bei den alkalisch gedüngten Pflanzen aber steigt er mit zunehmender Bodenacidität.

3. Der Magnesiagehalt nimmt beim sauer gedüngten Mais mit der Bodenalkalität zu; beim alkalisch gedüngten ändert er sich unregelmäßig.

4. Der Kali- u. Natrongehalt hängt von der Bodenreaktion ab, und zwar steigt er, wenn der Boden alkalischer wird, und er fällt, wenn die Bodensäure zunimmt.

5. Wie der Natrongehalt, so steigt auch der Eisengehalt, wenn die Acidität des Bodens abnimmt.

6. Die Kieselsäureaufnahme wird ebenfalls stark durch die Bodenreaktion beeinflußt: Mit zunehmender Bodenacidität steigt der Kieselsäuregehalt der Asche.

7. Umgekehrt scheint alkalische Bodenreaktion eine Vermehrung des Phosphorsäuregehaltes der Asche zu begünstigen.

8. Zwischen dem Schwefelsäuregehalt in der Asche und der Bodenreaktion besteht keine eindeutige Beziehung; der Chlorgehalt nimmt aber fast stets mit steigender Bodenalkalität zu.

IV. Schlußfolgerungen aus den Untersuchungsergebnissen.

1. Allgemeines.

Bei der Beurteilung der gefundenen Ergebnisse ist auch die verschiedenartige Düngung der einzelnen Parzellen zu berücksichtigen; denn es ist nicht nur die physiologische Reaktion der künstlichen Düngemittel, sondern wohl mehr noch ihre chemische Zusammensetzung, also ihre Ionenform, ein bestimmender Faktor für das Ausnutzungsvermögen durch die Pflanze. Aus diesem Grunde halte ich es für richtig, jedesmal nur zwei zusammengehörige Parzellen, also die angesäuerte mit der nicht angesäuerten, gleichgedüngten Fläche zu vergleichen.

2. Die Bodenreaktion und die einzelnen Mineralstoffe in Pflanzenaschen.

a) Kalk: Bei der Wicke und der Serradella enthalten die Aschen der ungedüngten Pflanzen viel mehr Kalk als die übrigen Aschen. In den meisten Fällen wird durch saure Bodenreaktion der Kalkgehalt der Asche verringert.

Der Kalkgehalt in der Gerstenasche nimmt mit steigender Bodenacidität zu, und zwar ist dieses bei den Körnern und beim Stroh der Fall.

Bei der Kartoffelknolle wird der Kalkgehalt in der Asche größer, wenn sich die Bodenreaktion zur neutralen Seite hin verschiebt. Zwischen dem Kalkgehalt der Asche vom Kraut und der Bodenreaktion scheinen Beziehungen nicht zu bestehen.

Wenn die Bodensäure abnimmt, so nimmt der Mais bei alkalischer Düngung weniger, bei saurer Düngung aber mehr Kalk auf.

In vielen Fällen hat zwar eine weniger saure Bodenreaktion eine Steigerung des Kalkgehaltes in den Pflanzenaschen zur Folge, aber für alle Fälle gültige Beziehungen zur Bodenreaktion lassen sich nicht feststellen. Dieses ist auch dann nicht möglich, wenn etwa auch zwei Gruppen, säureempfindliche und säureunempfindliche Pflanzen, unterschieden werden.

b) Magnesia: Der Magnesiagehalt in der Wickenasche scheint von der Bodenreaktion unabhängig zu sein; denn es wurde teils eine Erhöhung teils eine Erniedrigung durch Steigerung der Bodensäure gefunden. Bis zu einem gewissen Grade bedingt saure Bodenreaktion eine Erhöhung des Magnesiagehaltes in der Asche von Serradella. Bei stark sauren Böden liegen die Verhältnisse aber umgekehrt.

Gerstenkörner und Gerstenstroh verhalten sich entgegengesetzt: Bei den Körnern enthalten die Aschen von weniger sauren Böden im allgemeinen einen höheren Prozentsatz Magnesia. Umgekehrt wird der Magnesiagehalt der Strohasche durch saure Bodenreaktion erhöht. Daß die Art des Düngers von Bedeutung ist, zeigen die alkalisch gedüngten Parzellen 6 u. 12: Bei den Körnern trat eine Zunahme, bei Stroh eine Abnahme der Magnesia in der Asche ein.

Mit Ausnahme der ungedüngten Parzellen hat bei der Kartoffel, bei Knollen und Kraut, eine größere Bodenacidität den Magnesiagehalt in der Asche herabgedrückt.

Eine eindeutige Beziehung zwischen dem Magnesiagehalt der Maisasche und der Bodenreaktion scheint nicht zu bestehen.

Allgemein kann man der Ansicht sein, daß der Magnesiagehalt der Pflanzenaschen weniger von der Bodenreaktion als von der Art des Düngers und der Pflanzenart abhängig ist.

c) Kali: Abgesehen von den ungedüngten Parzellen, findet sich bei der Wicke und der Serradella in den von ansäuerten Böden stammenden Aschen mehr Kali als in den Aschen von den Vergleichsparzellen. Saure Bodenreaktion fördert also bei der Wicke und der Serradella die Kaliaufnahme.

Bei den Gerstenkörnern nimmt der Kaligehalt der Asche zu, wenn die Bodensäure geringer wird. Beim Stroh sind derartige Beziehungen zur Bodenreaktion nicht eindeutig festzustellen.

Kartoffelknollen- und -kraut verhalten sich bezüglich der Kaliaufnahme verschieden gegenüber Reaktionsänderungen des Bodens: Ein Steigen der Bodenacidität hat bei den Knollen eine Abnahme, beim Kraut aber eine Zunahme des Kaligehaltes der Asche zur Folge.

In geringem Maße steigt auch bei der Maisasche der Kaligehalt, wenn die Bodensäure abgestumpft wird.

Es ergibt sich, daß auch bei der Kaliaufnahme der Pflanzen allgemein gültige Beziehungen zur Bodenreaktion nicht bestehen. Die gefundenen Unterschiede dürften wohl mehr auf andere Faktoren als auf die wechselnde Bodenreaktion zurückzuführen sein.

d) Natron: Die Düngung der Parzellen 6 und 12 mit Natronsalpeter drückt sich häufig durch einen erhöhten Natrongehalt der Pflanzenaschen aus.

In den meisten Fällen enthalten die Aschen der Wicken, die von sauren Parzellen geerntet wurden, weniger Natron als die Aschen von den Vergleichsparzellen. Eine Ausnahme bilden nur die alkalisch gedüngten Parzellen 6 u. 12.

Bei der Serradella steigt überall der Natrongehalt der Asche mit zunehmender Alkalität des Bodens.

Auf den Natrongehalt der Asche von Gerstenkörnern scheint die Bodenreaktion keinen Einfluß zu haben. Beim Gerstenstroh vermindert saure Bodenreaktion den Natrongehalt der Asche. Eine Ausnahme bilden die Parzellen 3 u. 9, auf denen übrigens ein ganz anormal schlechtes Wachstum erfolgte.

Auch bei der Kartoffel und beim Mais steigt der Natrongehalt der Asche, wenn die Bodenreaktion neutral bzw. alkalisch wird.

Es läßt sich also feststellen, daß der Natrongehalt von Pflanzenaschen durch die Bodenreaktion in dem Sinne beeinflußt wird, daß bei zunehmender Bodenalkalität die Natronaufnahme steigt.

e) Eisenoxyd: Der Eisengehalt der Wickenasche nimmt mit steigendem Säuregrade des Bodens ab und mit steigender Alkalität zu. Bis zu einem gewissen Grade, mit Ausnahme von Parzelle 3 u. 9, trifft dieses auch für die Serradella zu.

Die Unterschiede bei den Gerstenkörnern sind so unbedeutend, daß ein Einfluß der Bodenreaktion nicht eindeutig festzustellen ist. Bei der Strohasche nimmt der Eisengehalt mit steigendem p_H-Werte des Bodens zu.

Kartoffelknollen und -kraut verhalten sich verschieden: Während bei den Knollen keine Beziehungen zwischen dem Eisengehalt der Asche und der Bodenreaktion zu bestehen scheinen, nimmt der Eisengehalt der Krautasche zu, wenn sich die Bodenreaktion dem Neutralpunkte nähert.

Da sich dieselben Beziehungen auch beim Mais finden, erscheint der Schluß berechtigt, daß der Eisengehalt in der Asche von Stengeln und Blättern steigt, wenn die Bodenreaktion weniger sauer oder neutral wird. Bei Knollen und Samen scheint sie keinen großen Einfluß auf den Eisengehalt der Aschen zu haben.

f) Kieselsäure: Durch Zunahme der Bodensäure wird bei der Wicke und bei der Serradella der Kieselsäuregehalt der Asche teils erhöht, teils erniedrigt. Die Bodenreaktion allein scheint also die Kieselsäureaufnahme nicht wesentlich zu beeinflussen.

Bei den auf saurem Boden gewachsenen Gerstenkörnern fand sich ein erhöhter Kieselsäuregehalt der Asche. Da aber das untersuchte Material sehr viel Spelzen und Grannen enthielt, erscheinen die gefundenen Werte nicht zu einem Schlusse zu berechtigen. Beim Gerstenstroh wurden überhaupt keine eindeutigen Beziehungen zwischen der Bodenreaktion und dem Kieselsäuregehalte der Asche gefunden. Andere Momente scheinen einen größeren Einfluß zu haben als die Bodenreaktion.

Mit zunehmender Bodensäure steigt bei den Kartoffelknollen stets der Kieselsäuregehalt der Asche, beim Kraut aber fällt er, wenn der Boden sauer wird.

Da beim Mais endlich der Prozentsatz Kieselsäure mit zunehmender Bodenacidität steigt, ergibt sich der Schluß, daß stärkere Bodensäure zwar vielfach die Kieselsäureaufnahme der Pflanzen fördert, daß aber auch manche Ausnahmen vorhanden sind, und daß verschiedene Teile derselben Pflanze sich verschieden verhalten können.

g) Phosphorsäure: Bis zu einer gewissen p_H-Stufe des Bodens, die aber noch im sauren Gebiet liegt, nimmt der Phosphorsäuregehalt der Wickenasche mit abnehmendem Säuregrade des Bodens zu. Bei der Serradella läßt sich dasselbe sagen. Hier scheint eine untere p_H-Grenze zu bestehen, bis zu welcher eine Abnahme der Bodensäure von einer Zunahme der Phosphorsäure in der Asche begleitet wird. Bei den ganz sauren Parzellen 3 u. 9 wurde durch die Ansäuerung des Bodens mit Schwefelsäure der Phosphorsäuregehalt der Serradellaasche von Parzelle 3 erhöht.

Bei der Gerste steigt der Phosphorsäuregehalt der Asche, wenn die Bodenreaktion sich der neutralen Seite nähert. Nur beim Gerstenstroh trat durch die alkalische Düngung von Parzelle 6 u. 12 der umgekehrte Vorgang ein.

Ein Sinken der Bodensäure hat bei der Kartoffel, und zwar bei den Knollen und beim Kraut, eine Steigerung des Phosphorsäuregehaltes der Asche zur Folge.

Beim Mais läßt sich eine regelmäßige Zu- oder Abnahme der Phosphorsäure in der Asche, abhängig von der Bodenreaktion, nicht nachweisen.

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß nicht in allen Fällen eine eindeutige Abhängigkeit des Phosphorsäuregehaltes der Pflanzenaschen von der Bodenreaktion besteht.

h) Schwefelsäure: Während bei der Wicke der Schwefelsäuregehalt der Asche mit der Bodenacidität ansteigt, sinkt er im allgemeinen bei der Serradella, allerdings mit Ausnahme der alkalisch gedüngten Parzellen.

Mit Ausnahme der ungedüngten Parzellen, die sich entgegengesetzt verhalten, begünstigt auch bei der Gerste stärker saure Bodenreaktion die Schwefelsäureaufnahme.

Bei den Kartoffelknollen scheint die Bodenreaktion den Schwefelsäuregehalt der Asche nicht zu beeinflussen, denn teils wird er durch saure Bodenreaktion erhöht, teils erniedrigt. Die Asche vom Kartoffelkraut enthält bei saurer Bodenreaktion mehr Schwefelsäure als bei neutraler.

Zwischen dem Schwefelsäuregehalt der Asche des Mais und der Bodensäure wurden eindeutige Beziehungen nicht gefunden.

Aus diesen Ergebnissen folgt, daß saure Bodenreaktion im allgemeinen den Schwefelsäuregehalt von Pflanzenaschen erhöht.

i) Chlor: Der Chlorgehalt der Wickenasche steigt mit zunehmenden p_H-Werten des Bodens. Er verhält sich also umgekehrt wie die Schwefelsäure, deren Menge bei der Wicke mit zunehmender Bodenacidität steigt.

Bei der Serradella ist mit Ausnahme der alkalisch gedüngten Parzellen mit stärkerer Bodensäure eine Chlorzunahme festgestellt.

Bei der Gerste konnten nicht alle Parzellen auf Chlor untersucht werden. Infolgedessen läßt sich hier eine berechtigte Schlußfolgerung nicht ziehen.

Zwischen der Bodenreaktion und dem Chlorgehalt der Asche von Kartoffelknollen lassen sich keine Beziehungen aufstellen. Es ist ja auch bekannt, daß der Chlorgehalt stark von der Art der Düngung abhängt. Beim Kartoffelkraut wurde bei geringerem Säuregrade des Bodens stets ein erhöhter Chlorgehalt in der Asche gefunden.

Der Chlorgehalt der Maisasche, bezogen auf Reaktionsschwankungen des Bodens, ändert sich ziemlich unregelmäßig.

Der Chlorgehalt der Aschen ändert sich oft in entgegengesetzter Richtung wie der Schwefelsäuregehalt. Es treten zwar viele Unregelmäßigkeiten auf, aber vielfach scheint es, daß abnehmende Bodenacidität eine Zunahme des Chlorgehaltes in den Pflanzenaschen zur Folge hat.

Zusammenfassung.

1. Es wurden Untersuchungen angestellt über die Beziehungen zwischen der Wasserstoffionenkonzentration des Bodens und der Zusammensetzung von Pflanzenaschen sowie über den zeitlichen Verlauf der Reaktionsänderung im Boden während einer Vegetationsperiode.

2. Die angestellten Versuche zeigen, daß die Reaktion des Bodens während einer Vegetationsperiode schwankt, und daß diese Reaktionsänderungen zu einem gewissen Grade durch die Nährstoffaufnahme der Pflanzen bedingt sind.

3. Uebereinstimmend mit Nehring wurde gefunden, daß physiologisch saure Wirkung des schwefelsauren Ammoniaks sich am stärksten bei neutraler bzw. alkalischer Bodenreaktion zeigt.

4. Der Verlauf der Reaktionsschwankungen hängt auch von der Art und der Menge des künstlichen Düngers ab.

5. Zwischen der Bodenreaktion und der Zusammensetzung verschiedener Pflanzenaschen wurden allgemein gültige Beziehungen nicht gefunden.

6. Es wurde festgestellt, daß nicht nur bei verschiedenen Pflanzen, sondern auch bei verschiedenen Teilen derselben Pflanze die Mengenverhältnisse der Mineralstoffe durch Aenderung der Bodenreaktion oft in verschiedener Weise beeinflußt werden.

Literatur.

1. Arrhenius: Kalkfrage, Bodenreaktion u. Pflanzenwachstum, Leipzig 1926.
2. Brehmer: D. Ernähr. d. Pfl., 1928, *IV*, 393.
3. Brenner: Rundsch. 1928, *1*, 346.
4. Bryan: Z. f. Pfl., 1924, *B 3*, 309.
5. Ders.: ebenda S. 487.
6. Cziki u. Becker: Z. f. Pfl. 1928, *B 7* 516.
7. Densch, Hunnius u. Pfaff: Z. f. Pfl. 1924, *B 3*, 248.
8. Domontowitsch u. Abolina: Z. f. Pfl. XII: 418 (Ref.)
9. Fehér: Archiv f. Pflnbau, 1930, *IV*, 74.
10. Ders.: l. c. 1932, *IX*, 172.
11. Frank: Z. f. Pfl. 1928, *B 7*, 43.
12. Hastert: Z. f. Pfl. 1927, *A 9*, 265.
13. Heinrich: Dissert. Königsberg 1926.
14. Hjorth-Hansen: Biochem. Z. 1931, *235*, 359.
15. Kappen: Versuchsst. 1920, *96*, 277.
16. Ders.: Z. f. Pfl. 1924, *A 3*, 209.
17. Ders.: D. Ernähr. d. Pfl. 1926, *22*, 222 (Sammelref.)
18. Maschhaupt: Jahresber. über d. Fortschr. i. d. Agrikulturchemie, 3. Folge, 1912, *15*, 45.
19. Mitscherlich: (s. Nr. 17).
20. Morgenroth: Arch. f. Pflnbau, 1929, *1*, 434.
21. Nehring: Z. f. Pfl. 1928, *A 10*, 348.
22. Ders.: Landw. Jahrb. 1929, *69*, 105.
23. Ders.: Z. f. Pfl. 1933, *A 29*, 320. W
24. Nemec u. Gracanin: Z. F. Pfl. 1929, *B 8*, 313.
25. Oskierski: Bot. Arch. 1927, *20*, 22.
26. Virtanen: Biochem. Z. 1928, *193*, 300.
27. Wolff: Aschenanalysen, 2. Teil, Berlin 1880.
28. Wrangell, M. v.: Versuchsst. 1920, *95*, 207.
29. Zinzade: Versuchsst. 1927, *105*, 267.

Tabellen.

Tabelle 1: Kalk in kg Boden (in mg).

Datum	Mit Schwefelsäure behandelt				Unbehandelt			
	ungedüngt	saure Düng.	neutr. Düng.	alkal. Düng.	ungedüngt	saure Düng.	neutr. Düng.	alkal. Düng.
18. 7. 31	900	700	700	1050	850	750	900	1250
25. 9. 31	850	700	650	1200	1000	700	650	1550
12. 5. 32	750	600	600	1200	1050	750	650	1350
6. 7. 32	900	650	650	1050	800	750	800	1150
10.10. 32	850	650	650	1150	800	800	800	1250

Tabelle 2: Wurzellösliches Kali in 1 kg Boden (in mg).

18. 7 31.	26,6	134	113	143	24,0	152	117	164
25. 9. 31	17,3	93,5	84,9	78,5	17,0	95 9	91,6	121
12 5. 32	28,9	136	107	123	27,8	125	110	178
6. 7. 32	18,7	92,8	72,7	69,7	15,1	72,2	88,4	116
10.10. 32	27.0	98,4	76,5	94,7	30,2	76,9	92,8	122

Tabelle 3: Wurzellösliche Phosphorsäure in 1 kg Boden (in mg).

18. 7. 31	– 14,8	— 6,3	— 2,4	+ 9,6	— 3,0	— 4.9	— 1,8	+ 6,4
25. 9. 31	– 13,5	+14,1	+ 7,7	+16,2	+14,7	—12,8	+ 4,7	+24.3
12. 5. 32	—19,2	— 3,2	+10,4	+ 0,6	— 8,4	+27,5	+26,2	+25,6
6. 7. 32	—19,3	+ 7,0	+ 8,3	+32,6	— 2,3	— 6,4	— 1,5	+26,2
10.10. 32	—18.6	+ 9,0	+16,6	+28,8	— 9,7	+ 8,3	+27.9	+37,9

Tabelle 4: Zitronensäurelösliche Phosphorsäure in 1 kg Boden (in mg).

18. 7. 31	140	248	248	248	136	280	260	260
25. 9. 31	132	208	208	208	120	216	204	200
12. 5. 32	106	269	244	269	120	244	244	216
6. 7 32	124	288	288	288	136	276	239	238
10.10. 32	96	232	228	232	106	238	220	228

Tabelle 5: Austauschacidität in ccm 0,1 n NaOH für 100 g Boden.

18. 7. 31	3,75	8,25	8,00	—	0,50	4,50	2,75	—
25. 9. 31	3,00	9,50	6,50	—	0,25	3,50	2,50	—
5. 3. 32	4,00	9,00	7,00	—	1,00	3,00	2,00	—
12. 5. 32	3,00	8 50	7,50	—	0,50	3,50	4,00	–
6. 7. 32	3,50	8,50	7,75	—	1 50	4,25	4,50	—
10.10. 32	3,50	8,50	8,50	—	1,25	4,00	4,50	—

Tabelle 6: Hydrolytische Acidität für 100 g Boden:

Datum	Mit Schwefelsäure behandelt				Unbehandelt			
	ungedüngt	saure Düng.	neutr. Düng.	alkal. Düng.	ungedüngt	saure Düng.	neutr. Düng.	alkal. Düng.
18. 7. 31	23,0	32,5	30,5	17.0	19,5	30,2	25,5	12,5
25. 9. 31	25,0	33,5	30,5	17,5	22,0	30 5	26,5	15,0
5. 4. 32	27,0	34,5	33,0	20,0	25,5	31,5	32,0	17,0
12. 5. 32	27.0	32,0	29,0	17,5	24,5	28,5	28,5	15,0
6. 7. 32	26,0	33 0	30,5	17,0	22,5	31,0	27,5	15,0
10.10. 32	27,5	32,5	33,0	18,0	24,0	29,5	28,0	15,0

Tabelle 7: p_H in Kaliumchloridlösung.

18. 7. 31	4,28	4,21	4,22	5,41	4,83	4,48	4,61	5,67
25. 9. 31	4,34	4,07	4,14	5,30	4,71	4,28	4,46	4,78
5. 4. 32	4,47	4,01	4,15	5,23	4,60	4,32	4,32	5,54
12. 5. 32	4,22	4,01	4,15	5,29	4,42	4,28	4,29	5,51
6. 7. 32	4,48	4,07	4,27	5,34	4,61	4,36	4,42	5 58
10.10. 32	4,43	4,01	4,25	5,25	4,67	4 42	4,37	5,49

Tabelle 8: p_H in Wasser.

18. 7. 31	5,57	5,06	5,56	5,95	5,85	5,20	5,61	6 55
25. 9. 32	5,49	5,18	5,48	6,06	5,63	5,26	5,55	6,47
5. 4. 32	5,46	5 10	5,50	6,13	5,67	5,28	5,57	6,34
12. 5. 32	5,50	5,14	5,44	6,38	5,57	5,24	5.58	6,61
6, 7. 32	5,58	5,17	5,51	6,64	5.74	5,27	5,78	6,72
10.10. 31	5,32	5,17	5,51	6,52	5,58	5,24	5,78	6,76

Tabelle 9: Reaktionsänderung bei der Gerste.

Woche	Saure Düngung			Alkalische Düngung		
	1 s	2 s	3 s	1 a	2 a	3 a
1.	4,70 (4,76)	5 13 (5,14)	5,99 (6,05)	4,71 (4,78)	5,17 (5,15)	6 05 (6,13)
2.	4,80 (4,76)	5,14 (5,16)	5,62 (5.74)	4 83 (4,80)	5,19 (5,19)	5,69 (5 67)
3.	4 59 (4,54)	4,99 (5,09)	5,78 (5,71)	4 74 (4,65)	5,28 (5,28)	5,84 (5 82)
4.	4,47 (4,33)	4,97 (5,03)	5,67 (5 46)	4 60 (4,58)	5,27 (5.13)	6,06 (5,87)
5.	4,59 (4,76)	4 87 (4,87)	5,57 (5,50)	4 87 (4,73)	5,33 5,29)	5,65 (5,65)
6.	4,97 (4,54)	5 00 (5,21)	5,50 (5,36)	4,80 (4,65)	5,46 (5,39)	5 50 (5,57)
7.	4,31 (4,27)	4,73 (4,74)	5,36 (5,40)	4 59 (4,45)	5,15 (5,22)	5,56 (5 54)
8.	4 44 (4,38)	4,87 (4 80	5,39 (5,29)	4,69 (4,51)	5,29 (5,36)	5,57 (5,52)
9.	4,47 (4,33)	4,77 4 86)		4,52 (4,52)	5,12 (5,19)	

Tabelle 10: Reaktionsänderung beim Mais.

1.	4,75 (4,71)	5,13 (5,14)	5,95 (5 99)	4,74 (5.73)	5,15 (5,18)	6,05 (6 13)
2.	4,60 (4,36)	5,13 (5,27)	5,70 (5 62)	4.45 (4,43)	5,23 (5,33)	5,91 (6 01)
3.	4,69 (4,49)	4,84 (4,85)	5,69 (5,47)	4,58 (4 71)	5,17 (5,19)	6,10 (5,85)
4.	5,08 (4,69)	4,97 (5,08)	5,14 (5,42)	4,79 (4 69)	5,29 (5 15)	5,80 (5 71)
5.	4,55 (4,48)	4,89 (4,82)	5 36 (5,00)	4,73 (4 72)	5,19 (5,17)	5,72 (5 65)
6.	4,58 (4,56)	5,02 (5,07)	5 11 (5,33)	5.07 (4,87)	5,44 5,33)	5,71 (5 57)
7.	4,37 (4,23)	4,71 (4,75)	5,31 (5 12)	4 78 (4 50)	5,32 (5,11)	5 68 (5 61)
8.	4 30 (4 21)	4 55 (4,63)	5,11 (5,04)	4 66 (4,47)	5,02 (5,11)	5,59 (5 48)
9.	4 29 (4.15)	4,67 (4,57)		4.76 (4,52)	5,25 (5,30)	

Tabelle 11: Aschenbestandteile der Wicke.

a) In % der Asche.

Bestandteile	Mit Schwefelsäure behandelt				Unbehandelt			
	ungedüngt	saure Düng.	neutr. Düng.	alkal. Düng.	ungedüngt	saure Düng.	neutr. Düng.	alkal. Düng.
CaO	24,1	8,74	11,3	12,1	22,6	13 5	16 3	15,7
MgO	4,90	4,27	3,62	3,24	5,36	3,66	4,37	3,04
K_2O	16 0	37,4	36,2	34,9	21,2	31 9	33,7	33,3
Na_2O	4,84	5 53	4,82	7,66	5,65	4,20	5,28	6,47
Fe_2O_8	1,33	1,35	1,51	1,75	2 08	1,58	2,28	2,29
SiO_2	10,3	12,2	10,1	10,6	12,4	11,1	10,4	9,83
P_2O_5	9,28	10,0	8,16	11,0	10 1	11,2	9,85	8,79
SO_3	13 7	9,22	6,61	7,71	12,3	8,49	6,02	7,11
Cl	3,97	4,90	4,27	4,65	6,38	6,23	7,04	5,49

b) In % der Trockensubstanz.

Asche	8,59	12,8	12,8	10,8	9,14	12,8	11,0	12,4
CaO	2,32	1,11	1 44	1,30	2,06	1,72	1,76	1 94
MgO	0,47	0,68	0,58	0,35	0,49	0,46	0,48	0,37
K_2O	1,50	4,77	4,55	3,82	1,96	4,10	3 71	4,13
Na_2O	0,46	0.57	0,62	0,84	0,50	0,55	0,58	0,78
Fe_2O_3	0,13	0,17	0.19	0,19	0 19	0,25	0,25	0,29
SiO_2	0,99	1,54	1 30	1,14	1 13	1,42	1,14	1,22
P_2O_5	0,89	1,31	1,02	1,18	0,91	1,44	1,08	1,09
SO_3	1.30	1,17	0,84	0,83	1,09	1,04	0,66	0,88
Cl	0,38	0,62	0 55	0 50	0,58	0,79	0,77	0,67

Tabelle 12: Aschenbestandteile der Serradella.

a) In % der Asche.

CaO	24,8	14,2	12,0	11 8	27,1	14,5	14,9	10,6
MgO	3.90	2,44	3,46	2 54	3,40	2,65	2,69	1,73
K_2O	14 0	32.4	37,1	27,1	13,1	25,3	22,3	24 5
Na_2O	8,38	6.50	10,2	10,2	6.96	11,8	11,5	11,0
Fe_2O_3	1,61	1,52	1,93	1.62	1,66	1,72	1.79	1,67
SiO_2	9,84	12.5	12,6	13,9	10,2	9,64	11,0	14,6
P_2O_5	6,13	9,20	7,38	5,85	7,06	8,65	7,99	7,35
SO_3	6,79	5,44	5.85	4,51	8 88	5,77	6,13	4,29
Cl	5,56	12,0	13,5	7,26	5,49	11,1	9,94	7,85

b) In % der Trockensubstanz.

Asche	10,5	11,4	11,9	15,1	10,2	12,0	12,4	14,8
CaO	2,73	1,87	1 42	1,73	2,75	1 74	1,94	1,57
MgO	0,41	0,33	0.41	0,38	0,35	0,32	0,33	0,26
K_2O	1,47	4,33	4,34	4,00	1,30	3,03	2,76	3,62
Na_2O	0,87	0,86	1,21	1,54	0,70	1,41	1,42	1,60
Fe_2O_3	0,17	0,20	0,23	0,24	0,17	0,20	0 22	0,25
SiO_2	1,03	1,68	1,50	2,10	1,00	1,04	1,37	2,15
P_2O_5	0,65	1,23	0,88	0,86	0,71	1,08	0,99	1,08
SO_3	0,71	0,73	0.67	1,09	0,77	0,69	0,76	1,19
Cl	0,58	1,60	1.61	1,09	0,70	1,33	1,24	1,16

Tabelle 13: Aschenbestandteile der Gerstenkörner.

a) In % der Asche.

Bestandteile	Mit Schwefelsäure behandelt				Unbehandelt			
	ungedüngt	saure Düng.	neutr. Düng.	alkal. Düng.	ungedüngt	saure Dung.	neutr. Düng.	alkal. Düng.
CaO	3,18	3,05	3,21	2,85	3,03	2,56	2 36	2,23
MgO	6,98	5,60	5,65	7,00	6,40	6,60	6,05	7,03
K_2O	25,3	22,7	23,7	21,6	23,2	24,6	25 2	23,1
Na_2O	4,75	4,20	3 56	6,80	5 26	4 10	4.60	5,54
Fe_2O_3	2,28	2,45	2,25	2,61	2,80	2,45	2,32	2,27
SiO_2	24,5	26,1	25,4	22,4	20 2	20,1	20,6	21,9
P_2O_5	26,4	29,4	30,9	31.6	32,2	33,3	42,0	32,4
SO_3	3,31	3,60	3,45	3,25	3 51	2,96	2,58	3,12
Cl	1,78	–	—	2,52	2 76	2,42	2,30	2,14

b) In % der Trockensubstanz.

Asche	2,90	2,13	2,24	2,29	2,41	1,96	2,14	2,28
CaO	0,09	0,07	0,07	0,06	0,07	0,05	0,05	0,05
MgO	0 20	0,12	0,12	0,21	0,15	0.12	0,13	0,16
K_2O	0,73	0,48	0,53	0,49	0,52	0,47	0,53	0,52
Na_2O	0,14	0,09	0,08	0,15	0,13	0,07	0,09	0,12
Fe_2O_3	0,06	0,05	0.05	0,06	0,07	0,04	0.04	0,05
SiO_2	0,71	0,35	0,56	0,51	0,48	0,39	0,44	0.49
P_2O_5	0,76	0,62	0,69	0,72	0,77	0,65	0,68	0,73
SO_3	0 09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,06	0,07	0,07
Cl	0,05	—	—	0,05	0,06	0,04	0 05	0,04

Tabelle 14: Aschenbestandteile des Gerstenstrohes.

a) In % der Asche.

CaO	9.08	7.33	7,62	5.33	8.77	6.93	7.57	4.98
MgO	3 11	3 24	2.91	1.45	2.69	2.67	2.52	1.02
K_2O	25.3	33.5	33.1	39.7	24.6	38.2	35.7	35.3
Na_2O	12.6	12.4	12 7	15.1	13.3	11.9	14.0	16.3
Fe_2O_3	1.03	1.10	1.00	1.12	1.27	1.17	1.07	1.16
SiO_3	25.0	24.1	22 6	23.9	25.9	24.6	21.8	26.1
P_2O_5	6.96	6.33	6.61	5.24	7.17	6.97	6.84	4.83
SO_3	7.13	7.39	6.28	3 25	7.66	4.56	5.38	3 11
Cl	2.22	—	—	3.91	2.44	3.54	3.36	3.32

b) In % der Trockensubstanz.

Asche	6.19	6.06	6.53	6.16	5.87	6.93	7.34	7,55
CaO	0.56	0.33	0.50	0.38	0.52	0.48	0.55	0,37
MgO	0.19	0.20	0 19	0.09	0.16	0.18	0.18	0,08
K_2O	1.56	2.03	2.16	2.44	1.00	2.64	2.61	2.67
Na_2O	0.77	0.75	0.82	0,97	0.67	0.84	1.03	1.22
Fe_2O_3	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	00.8	0.09
SiO_2	1.54	1.46	1.47	1.47	1.51	1.35	1.56	1.97
P_2O_5	0.44	0.38	0.53	0.32	0.44	0.48	0.50	0.36
SO_3	0.44	0.45	0.41	0.20	0.14	0.31	0.39	0.23
Cl	0.14	—	—	0.24	0.44	0.24	0.25	0.25

Tabelle 15: Aschenbestandteile der Kartoffelknollen.

a) In % der Asche.

Bestandteile	Mit Schwefelsäure behandelt				Unbehandelt			
	ungedüngt	saure Düng.	neutr. Düng.	alkal. Düng.	ungedüngt	saure Düng.	neutr. Düng.	alkal. Düng.
CaO	1.37	0.93	1.02	1.15	1.51	1.42	1.13	1.43
MgO	3.38	2.24	3.03	2.26	2.71	3.59	3.27	4.42
K_2O	47.0	47.5	50.5	46.6	48.2	59.8	53.7	53.7
Na_2O	3.83	4.22	4.67	5.67	4.04	4.76	5.23	6.72
Fe_2O_3	1.38	1.21	0.90	0.80	1.28	1.26	0.85	0.89
SiO_2	3.04	3.21	3.00	3.13	2.63	2.58	2.75	3.11
P_2O_5	10.7	7.67	7.59	8.66	14.0	10.5	10.2	12.7
SO_3	7,96	5,32	5.28	4.18	8.30	4.50	4.75	5.58
Cl	7.35	15.9	13.4	8.74	6.75	17.4	12.2	8.86

b) In % der Trockensubstanz.

Asche	3.57	5.69	5,19	5,31	3,26	4,24	4,70	3,66
CaO	0.04	0.05	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05
MgO	0,11	0.13	0,15	0,12	0,09	0,15	0,15	0.16
K_2O	1.58	2.71	2,63	2.46	1,56	2,51	2,51	1,97
Na_2O	0.14	0.25	0,24	0,30	0,13	0,19	0,25	0,24
Fe_2O_3	0.04	0.02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02
SiO_2	0,06	0.07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06
P_2O_5	0.38	0,45	0,39	0,46	0,45	0,45	0,48	0,41
SO_3	0.26	0,30	0,29	0,22	0,27	0,19	0,22	0,20
Cl	0,26	0,89	0,69	0,46	0,22	0,73	0,57	0,32

Tabelle 16: Aschenbestandteile des Kartoffelkrautes.

a) In % der Asche.

CaO	23.0	23.0	24.2	23.1	18.2	25.2	22.4	24.3
MgO	4.90	2.79	3.59	3.56	6.24	4.28	5.62	5.46
K_2O	19.3	37.1	33.1	36.4	18.2	29·8	29.0	34.8
Na_2O	2.45	1.23	1.96	2.54	3.13	1.82	2.27	3.28
Fe_2O_3	5.15	4.21	4.10	3.33	5.39	4.30	4.14	3.94
SiO_2	10.8	10.7	10.6	7.78	11.5	11.7	11.4	8.32
P_2O_5	3.07	2.47	2.39	2.40	3.65	2.58	2.25	2.55
SO_3	4.30	3.24	3.09	3.46	3.48	2.39	2.56	2.99
Cl	2.52	7.16	4.94	6.84	2.73	8.91	7.74	8.55

b) In % der Trockensubstanz.

Asche	9.75	14.5	12.9	14.2	12.6	15.8	16.8	13.4
CaO	2.15	3.34	3.39	3.28	2.30	3.96	3.74	3.24
MgO	0.47	0.40	0.50	0.50	0 78	0.67	0.93	0.72
K_2O	1.85	5.37	4.52	5.19	2.30	4.69	4.97	4.58
Na_2O	0.24	0.19	0.27	0.37	0.39	0.27	0.39	0.44
Fe_2O_3	0.50	0.63	0.57	0.47	0.68	0.67	0.69	0.52
SiO_2	1.05	1.52	1.49	0.92	1.46	1.84	1.92	1.13
P_2O_5	0.29	0.40	0.33	0.37	0.46	0.40	0,37	0.43
SO_3	0.41	0 47	0.43	0.49	0 44	0 38	0.43	0.44
Cl	0.24	1.04	0.69	0.97	0 34	1.39	1.13	1.10

Tabelle 17: Aschenbestandteile vom Mais.

a) In % der Asche.

Bestandteile	aure Düngung			Alkalische Düngung		
	1 s	2 s	3 s	1 a	2 a	3 a
CaO	13.0	16.4	14.8	17.9	16.6	15.3
MgO	7.19	9.22	8,75	9.18	8.78	10.6
K_2O	29.2	29.7	31.4	33.2	34.4	33.2
Na_2O	2.30	3.21	3.27	2.21	3.28	3.42
Fe_2O_3	1.73	2.19	2.30	2.30	2.44	2.80
SiO_2	26.2	22.0	18.4	22.4	18.4	15.1
P_2O_5	6.20	7.74	8.99	6.73	6.31	9.15
SO_3	4.93	5.42	5.12	4.24	4.35	4.16
Cl	3.14	4.11	3.88	3.28	3.47	3.86

b) In % der Trockensubstanz.

Asche	4.79	3.82	4.63	4.10	4.46	4.20
CaO	0.26	0.63	0.68	0.73	0.74	0.65
MgO	9.34	0.35	0.46	0.38	0.39	0.44
K_2O	1.39	1.18	1.45	1.36	1.53	1.42
Na_2O	0.11	0.12	0.14	0.09	0.14	0.14
Fe_2O_3	0.08	0.13	0.10	0.09	0.10	0.11
SiO_2	1.26	0.84	0,85	0.77	0.82	0,63
P_2O_5	0.29	0.28	0.42	0.27	0.28	0.38
SO_3	0.23	0.20	0.24	0.17	0.19	0.17
Cl	0.15	0,16	0.18	0.13	0.15	0,16

Lebenslauf.

Ich wurde geboren am 31. 8. 1902 zu Sandrup, Krs. Münster. Die Reifeprüfung bestand ich am 29. 9. 1922 am Paulinischen Gymnasium zu Münster. Vom Wintersem. 1922/23 bis zum SS. 1928 studierte ich an der Universität Münster Chemie und Naturwissenschaften und bestand am 6. 11. 1928 die Prüfung für das Lehramt an höheren Schulen. Bis zum 1. Jan. 1931 war ich im Schuldienste tätig. Seit dem 5. 8. 1931 bin ich an der Landw. Versuchsstation zu Münster, wo ich unter Anleitung von Herrn Prof. Dr. Bömer meine Dissertation anfertigte.

Ich möchte nicht unterlassen, Herrn Prof. Dr. Bömer sowie Herrn Dr. Balks meinen besonderen Dank auszusprechen für das große Interesse, mit welchem sie mir bei der Anfertigung und Drucklegung dieser Arbeit ihre wertvolle Unterstützung zuteil werden ließen.

— — — —